

## CARTOGRAPHIE AUTOMATISEE DES ZONES A HAUTS RISQUES NATURELS PAR SUPERPOSITION DE DONNEES MULTIVARIEES EXEMPLE DE LA COMMUNE DE SEILLANS (VAR)

par R. CAMPREDON, G. GIANNERINI, R. MARTINEZ, M. TAUFIK  
Centre de Traitement en Télédétection  
Institut de Géodynamique Université de Nice Parc Valrose 06034 Nice cedex

Dans le cadre d'une étude financée par l'EPR PACA, nous avons développé une méthode de cartographie des zones soumises à des mouvements du sol, à l'aide de moyens informatiques.

Nous avons appliqué cette méthode à la commune de Seillans afin d'intégrer cette carte des risques dans le plan d'occupation des sols.

Parmi les phénomènes naturels qui contraignent l'utilisation du sol, nous n'avons pris en compte que le phénomène glissement de terrain : il n'est en effet pas encore possible par les méthodes employées de mettre en évidence les zones soumises à des phénomènes de dissolution; nous avons également laissé de côté le risque lié à l'instabilité des falaises et des chutes de blocs.

Pour réaliser cette cartographie des zones soumises à des mouvements de sol, nous avons retenu trois facteurs:

- nature lithologique des terrains affleurant,
- pente topographique et sa valeur en pourcentage
- hydrologie

### 1/. PRESENTATION GEOLOGIQUE ET MORPHOLOGIQUE DE LA COMMUNE DE SEILLANS.

#### 11 ZONE D'ETUDE

La zone qui a fait l'objet de cette application correspond à la partie nord ouest de la commune de SEILLANS (Département du Var), partie située au Nord de la route départementale de Fayence à Bargemon.

La partie méridionale de la commune est en effet constituée par une grande plaine colluviale à topographie quasiment plane et par un ensemble de collines calcaires à topographie peu accusée. Ce secteur n'est pas susceptible à priori d'être affecté par les glissements de terrain.

#### 2/ PRINCIPALES FORMATIONS LITHOLOGIQUES

Trois principaux types de terrain affleurent sur le territoire de la commune de Seillans, chacun présentant des caractéristiques géomorphologiques, hydrogéologiques et géotechniques différentes et donc des aptitudes différentes aux mouvements de sol.

##### a) Les alluvions récentes:

La plaine qui se développe au Sud de l'agglomération seillannaise est constituée de nappes de cailloutis récents, parfois colluvionnés. Il s'agit de glaciis de bas de pente éboulés sur les formations alluviales. Ces glaciis sont constitués essentiellement de matériel triasique.

Du point de vue hydrogéologique, les ressources en eau sont abondantes mais l'importance du volume des nappes est limité par les dimensions de la couche aquifère.

Les nappes phréatiques sont généralement en relation avec les rivières, le plus souvent drainées par celles-ci, plus rarement on constate une alimentation des nappes par les rivières.

##### b) Les formations calcaires et dolomitiques:

Les séries du Jurassique inférieur et du Jurassique moyen sont essentiellement calcaires et dolomitiques. Le Rhétien est constitué de calcaires grisâtres et de marnes calcaires jaunes relativement compactes associées à des dolomies vacuolaires. Il repose sur les formations argileuses du Keuper qui constitue le niveau de base des nappes

Le Muschelkalk, unité calcaire du Trias, a été regroupé avec les autres formations calcaires.

Les plateaux et massifs calcaires et dolomitiques recèlent des eaux souterraines généralement profondes; les points d'eau sont rares et les sources peu nombreuses mais toujours à très fort débit.

D'une façon générale, ces unités calcaires constituent de bons soubassements pour les aménagements.

### c) Les formations argileuses et gypseuses du Keuper

Il s'agit d'une puissante série d'argiles bariolées, de teinte rouge lie de vin, verte ou blanche associées à des amas de gypse et d'anhydrite. Localement s'intercalent des bancs de calcaires dolomitiques en petits bancs ou de grandes masses de cargneules. Cet ensemble est souvent très fortement colluvionné.

Au point de vue hydrogéologique, les argiles du Keuper constituent un horizon imperméable et c'est à leur contact que s'effectuent les résurgences des eaux piégées dans les réservoirs calcaires. Localement, de petites nappes perchées peuvent se développer au sein même des formations du Trias Supérieur.

Les circulations d'eaux dans ces formations représentent une cause importante de l'instabilité générale de ces terrains. Elles provoquent des glissements de terrains par augmentation de la plasticité des argiles et des phénomènes de dissolution du gypse ou des anhydrites ce qui induit le développement de cavités difficilement décelables au seul examen de surface.

Ces terrains présentent les qualités géotechniques globalement les plus défavorables.

## II/. METHODE DEVELOPPEE

La carte présentée est le résultat de reconnaissances de terrain, de photo-interprétation, et de traitements informatiques.

**1 LES RECONNAISSANCES INITIALES** permettent de délimiter les secteurs sur lesquels seront appliqués les traitements informatiques et de repérer également les indices évidents de désordres par un examen morphologique.

### 2 TRAITEMENTS INFORMATIQUES

#### 2.1 Les images numériques.

Ces traitements portent sur des images ou des cartes numériques. Une image numérique est un fichier informatique composé de points (= pixels) organisés en lignes et en colonnes. Dans cette étude, chaque point représente un petit carré de 5x5 mètres sur le terrain.

Dans l'image " Carte géologique numérisée", tous les points correspondant à une classe déterminée auront même valeur. Ainsi, l'information "ALLUVIONS" est arbitrairement codée sur la valeur 100. Tous les points qui ont la même valeur apparaîtront avec la même couleur associée au code 100.

Dans l'image numérisée " Carte topographique" à chaque pixel correspond un nombre qui représente l'altitude en mètres de ce point. On peut visualiser cette image par une gamme de gris de plus en plus clairs lorsque l'altitude croît.

Plus généralement,, pour une image donnée, chaque pixel a une valeur symbolisant l'information thématique en ce point. A chaque valeur on associe une échelle de couleur ou une teinte de gris qui permet la visualisation.

Il faut enfin remarquer que l'information est toujours organisée de la même façon, qu'elle soit numérique naturellement comme par exemple l'altitude ou les coordonnées d'un point ou purement qualitative comme les caractéristiques lithologiques. On peut donc intégrer des éléments de différente nature.



Les images créées sont de trois sortes:

- les images de départ, copies conformes des informations disponibles;
- les images élaborées à partir des premières, traduisant au plus près les facteurs de risques que l'on veut intégrer;
- une ou plusieurs images provenant de la combinaison des précédentes et représentant le résultat de l'analyse

## 2.2 Numérisation des informations

Ces informations sont disponibles sur des cartes de nature diverses. On produit des images numériques à partir de chaque carte en suivant les contours ou lignes (rivières, courbes de niveau...) sur une table à digitaliser.

Trois images de départ sont ainsi créées:

a)- **carte des courbes de niveau** à partir de l'agrandissement au 1/5.000 des cartes topographiques (fig 1). A partir de cette image numérisée, un lissage (image gradient en X et en Y) permet de mettre en évidence les classes de pentes selon ces deux directions. On obtient ainsi un document sur lequel les pentes, regroupées en classes de 0-10%, 11-20%, 21-30%, 31-40%, 41-50%, sont figurées avec des couleurs différentes du blanc au rouge (fig. 2 et 3).

Le croisement des images des pentes selon les deux directions permet d'obtenir une image sur laquelle les gradients de pente sont regroupés en deux classes la classe 0-20% (blanche) et la classe > 20% (rouge) . (fig. 4)

On peut bien entendu changer les bornes et obtenir une image des pentes selon les classes 0-30% (blanche) et > 30% (rouge). (fig. 5)

On peut dans tous les cas aisément calculer les surfaces qui appartiennent à telle ou telle classe.

b)- **carte géologique numérisée** à partir de l'agrandissement de la feuille au 1/50.000; cette carte représentée sur la figure 6 montre quatre classes lithologiques

classe 1 (rouge)	: argiles ,gypse, cargneules (Keuper) avec 1.474 km <sup>2</sup>
classe 2 (orange)	: éboulis
classe 3 (jaune)	: calcaires, calcaires dolomitiques
classe 4 (blanche)	: terrains indifférenciés.

c)- **carte des cours d'eau et thalwegs** relevés sur la carte au 1/5.000 et complétée par photographies aériennes.

## 2.3 Images des facteurs de risques

La carte lithologique numérisée subit un calage géométrique afin de la rendre superposable aux autres images (les pixels représentant un même lieu ont alors les mêmes coordonnées en ligne et colonnes) et un regroupement en deux classes: terrains favorables ou défavorables aux glissements (c'est-à-dire Trias Supérieur ou éboulis). L'image obtenue est celle du facteur lithologique défavorable présent ou absent

A partir de la carte des courbes de niveau, on produit un **modèle numérique de terrain** ou fichier d'altitudes. Des calculs sur le modèle numérique de terrain donnent une carte des valeurs des pentes codées en pourcentages. On dispose ainsi de 400.000 mesures des pentes.

La saturation en eau des terrains aggrave le risque. Ce facteur n'est pas complètement informatisé. On a produit une image de la distance de chaque point au thalweg le plus proche, puis transformé cette image en ne conservant que les points formant une bande de part et

d'autre de l'axe de chaque thalweg (75 mètres pour les plus importantes et de 40 mètres pour les autres.) On obtient ainsi une image dilatée des axes d'écoulement .

#### 2.4 Combinaison des facteurs.

Le croisement de l'image des pentes avec l'image lithologie permet d'obtenir une carte combinant les différents facteurs de risques. Elle est composée de trois classes (fig.7 et 8) :

**-CLASSE 1** (code vert) constituée par les pixels pour lesquels la pente est faible à moyenne (entre 0 et 20%) et la lithologie est représentée par des calcaires . Ces zones peuvent être considérées à priori comme des zones sans risque majeur;

**-CLASSE 2** (code orange) constituée par les pixels pour lesquels la pente est faible à moyenne (entre 0 et 20%) et la lithologie représentée par les séries argileuses et gypsifères . Ces zones sont réputées dangereuses mais peuvent recevoir des aménagements selon certaines conditions .

Ces zones représentent une superficie de 0,423 km<sup>2</sup> dans la fourchette 0-20% et une superficie de 0,801 si l'on considère les intervalles 0-30% .

**-CLASSE 3** (code rouge) constituée par les pixels pour lesquels la pente est forte (>20%) et la lithologie représentée par des séries argileuses et gypsifères . Ces zones représentent les zones de risque maximum dans lesquelles les éventuelles parades à mettre en œuvre seraient inopérantes ou trop coûteuses .

Elles représentent une superficie de 1,051 km<sup>2</sup> dans la fourchette > 20% et une superficie de 0,674 km<sup>2</sup> si l'on considère les intervalles >30%

### III RESULTATS

Sur la commune de Seillans, qui a constitué notre test, on n'observe pas de très importants mouvements et glissements de terrains : 80% des terrains se situent dans des zones où les risques de glissements sont à priori peu probables; 20% des terrains se situent dans des zones dangereuses ou des zones dans lesquelles la réalisation d'ouvrages et de constructions doit être précédée d'une étude géotechnique préalable.

On a donc là une méthode globale et rapide de mise en évidence de zones pouvant présenter des dangers de mouvements de sol . On peut évaluer rapidement les superficies des différentes zones et il est facile de modifier certains critères en particulier le gradient de pente.

Cette démarche peut paraître lourde ; cependant on obtient une cartographie totalement différente d'une carte géologique classique par l'échelle à laquelle elle est produite (elle peut être superposée à un plan cadastral) et par les informations qu'elle contient ( lithologie, pente en pourcentage).



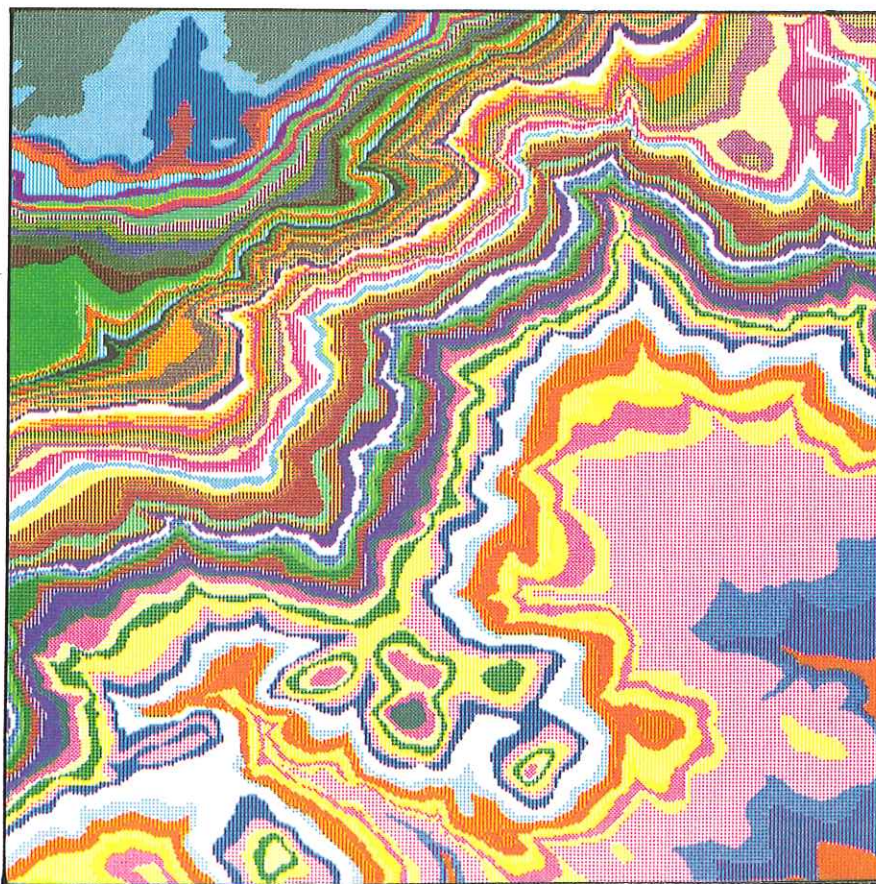


Figure 1  
Carte  
topographique  
ou modèle  
numérique  
de terrain.

Table couleur :  
aléatoire.

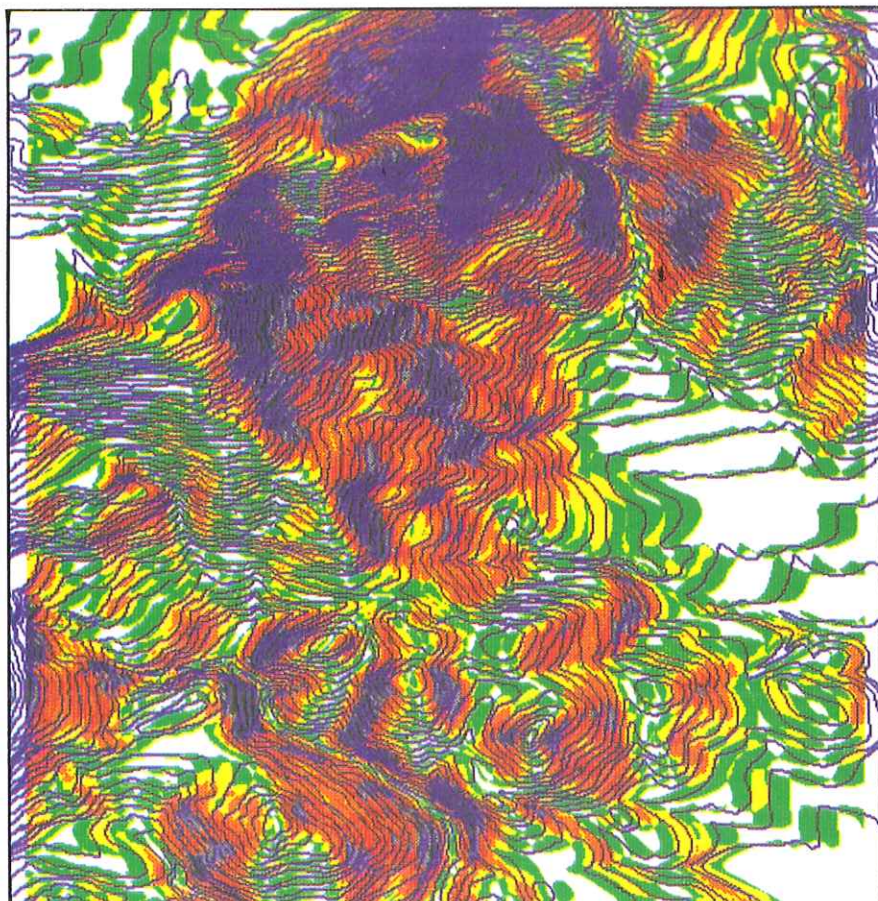
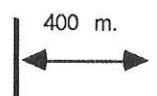
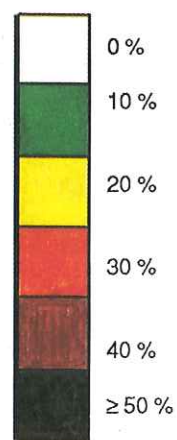


Figure 2  
Image dérivée  
première  
selon la  
direction x.  
Présentation en  
pourcentage





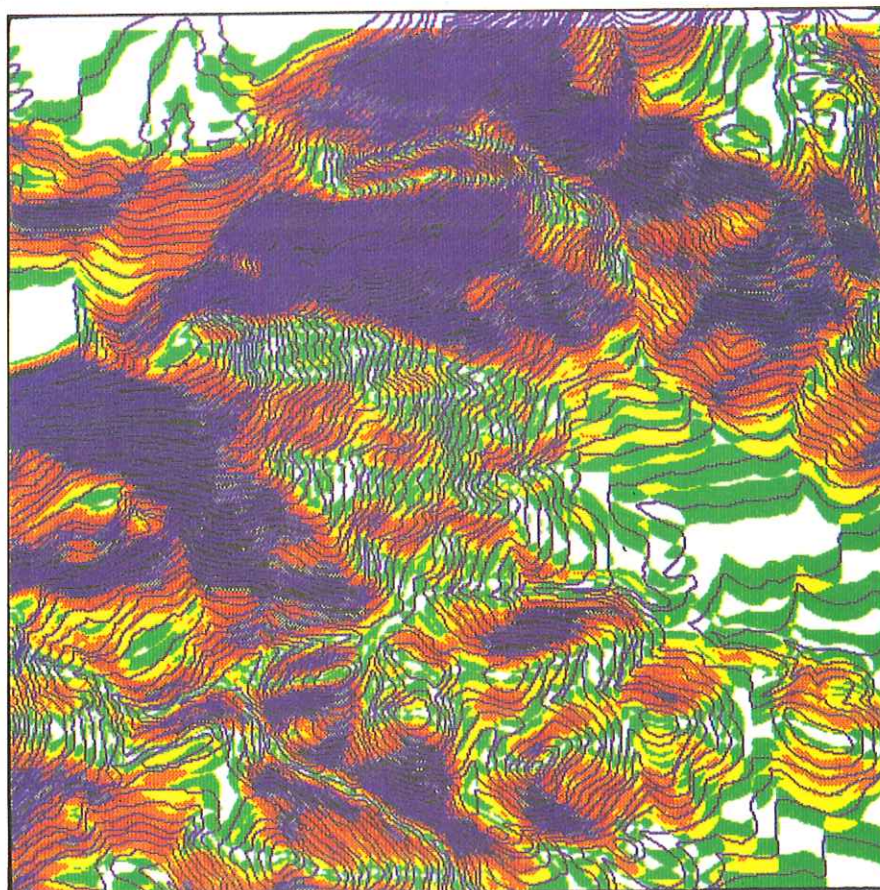


Figure 3  
Image dérivée  
première  
selon la  
direction Y.  
Présentation en  
pourcentage

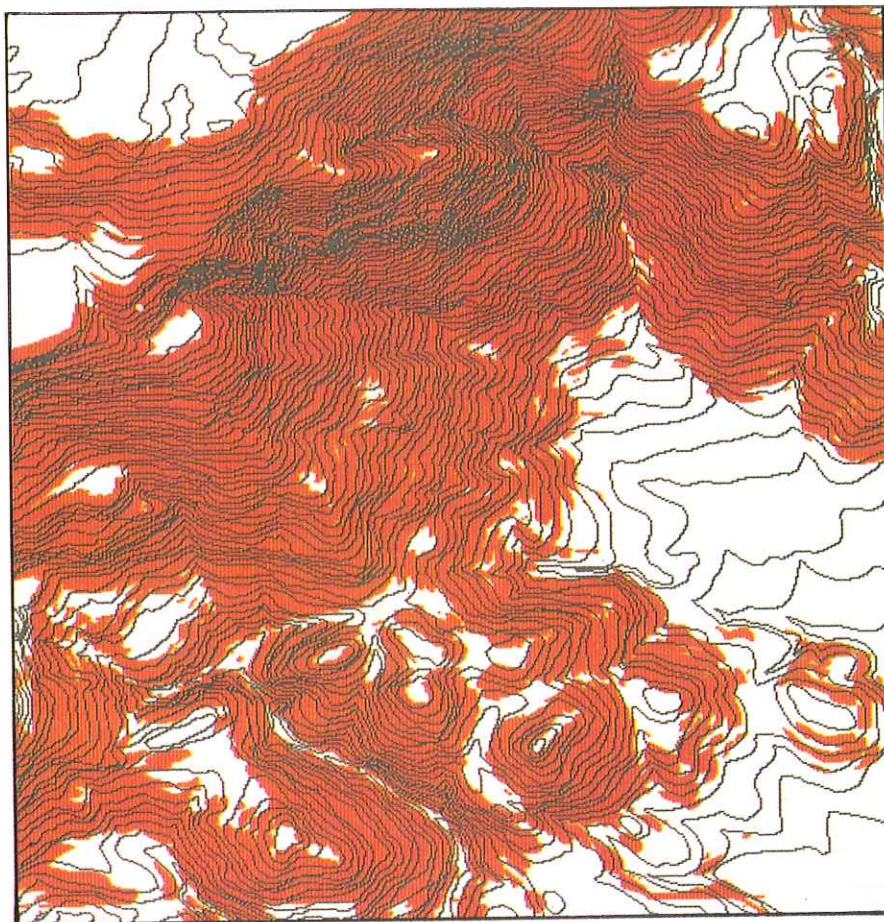
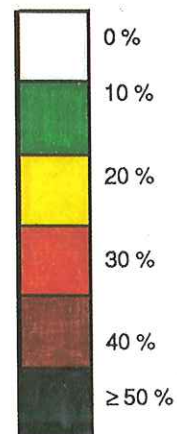
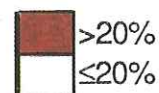


Figure 4  
Image  
binaire de  
pentes.



N  
1



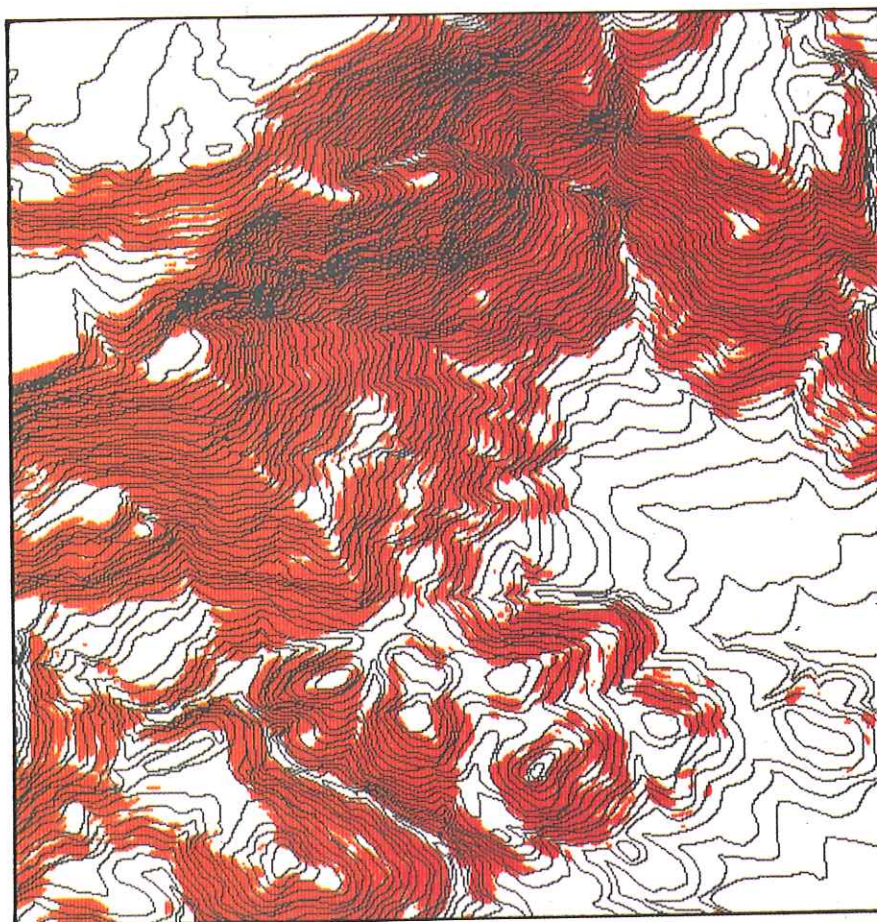


Figure 5  
Image  
binaire de  
pentes.

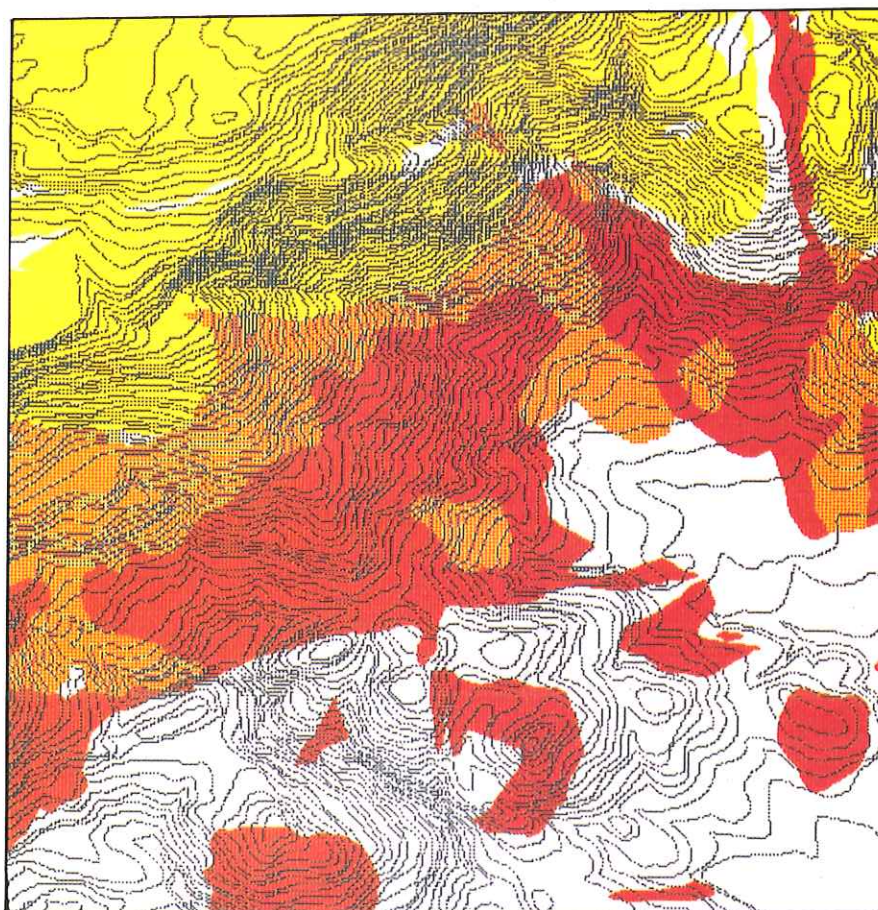
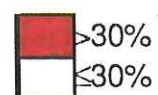
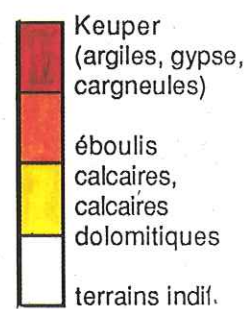


Figure 6  
Carte  
géologique  
numérisée.





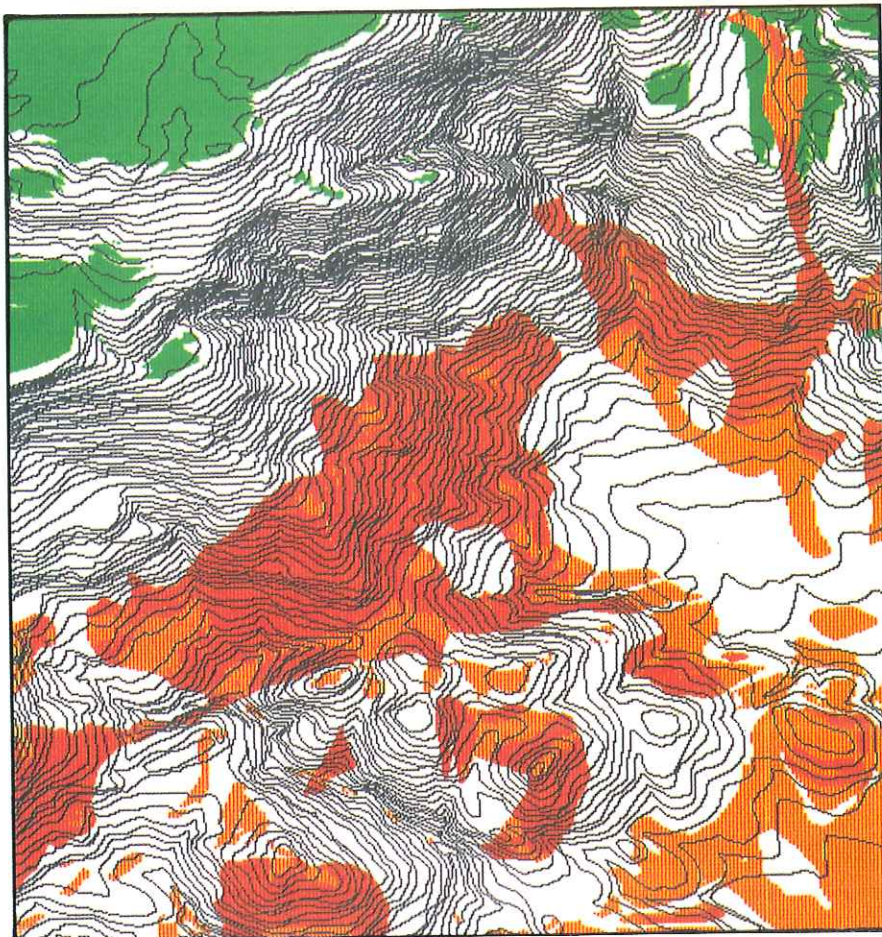


Figure 7  
Image  
du facteur  
lithologique  
présente ou  
absente.



>20% et Keuper  
≤20% et Keuper



Calcaire et  
calcaire  
dolomitique



non-classés

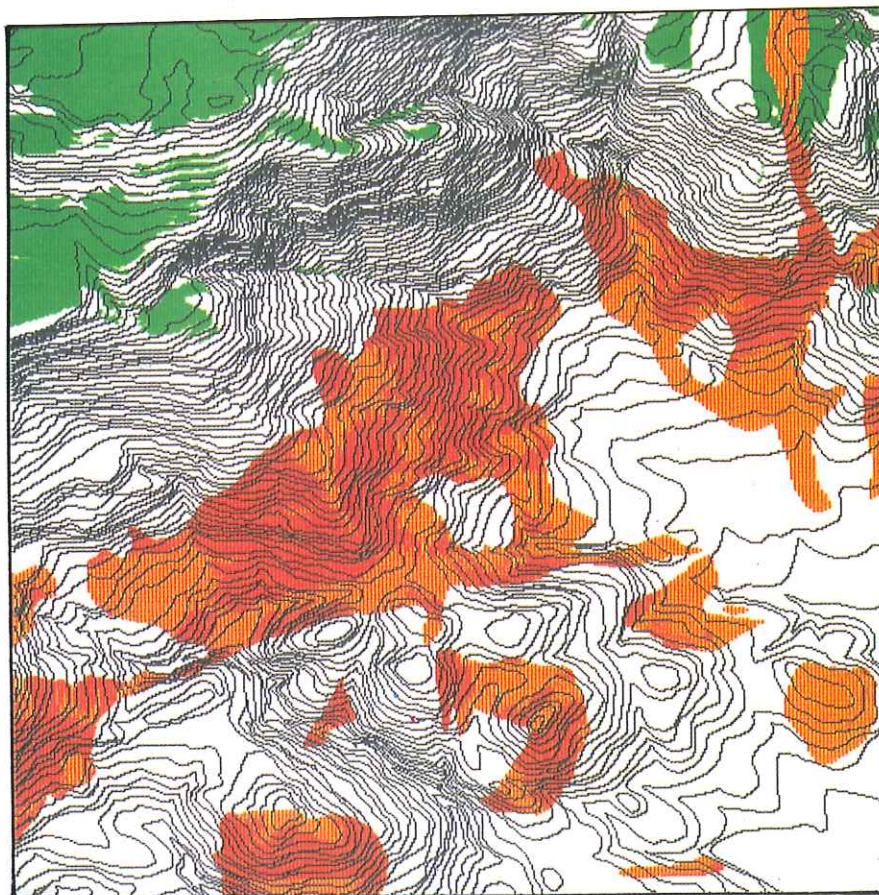


Figure 8  
Image  
du facteur  
lithologique  
présente ou  
absente.



>30% et Keuper  
≤30% et Keuper



Calcaire et  
calcaire  
dolomitique



non-classés

